Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen mit dem CRT-TEST (MÜHLEMANN) über die Säurelöslichkeit an der Oberfläche von Wurzelzement und Schmelz retinierter Zähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
FRIEDHOLD BORN
aus Stuttgart

1964

7680

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547601_0089

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Abteilungsvorsteher: Professor Dr. Adolf Kröncke)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchungen mit dem CRT-TEST (MÜHLEMANN) über die Säurelöslichkeit an der Oberfläche von Wurzelzement und Schmelz retinierter Zähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
FRIEDHOLD BORN
aus Stuttgart

1964

Dekan: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich
Berichterstatter: Professor Dr. A. Kröncke

Fotodruck PRÄZIS · Tübingen

Meinen Eltern

INHALTSÜBERSICHT

I. Einleitung und Problemstellung

II. Literaturübersicht

III. Material und Methoden
- A. Material
- B. Bestimmung des experimentellen Fehlers
- C. Methoden
  - Aufbewahrung
  - Reinigung
  - CRT-Test
  - Hilfsmittel zum CRT-Test
  - Meßpunkte
  - Berechnungen

IV. Ergebnisse
- A. Wurzel-CRT gemessen auf Wurzeln durchgebrochener Zähne
  1. Wurzel-CRT und Kariesanfälligkeit
  2. Wurzel-CRT und Parodontopathien
  3. Wurzel-CRT in Zusammenhang mit Alter und Geschlecht
- B. CRT-Werte gemessen an intakten Schmelzoberflächen vollständig retinierter Zähne
- C. Vergleich zwischen mittleren Schmelz-CRT- und Wurzel-CRT-Werten retinierter Zähne
- D. Nebenbefunde

V. Diskussion der Ergebnisse

VI. Zusammenfassung

VII. Literaturverzeichnis

I. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Der sogenannte "CRT-Test"wurde erstmals von WALTER (1958) beschrieben. Die Abkürzung "CRT" leitet sich aus der englischen Bezeichnung "Color Reaction Time" her. Es handelt sich dabei um ein einfach zu handhabendes Verfahren, das sich zur Untersuchung der Säurelöslichkeit der Oberfläche menschlicher Zähne eignet.

Der CRT-Test gestaltet sich im Prinzip folgendermaßen: Ein Filterpapierscheibchen definierter Größe wird mit einem pH-Indikator-Farbstoff (Kristallviolett) getränkt und mit Salzsäure beschickt. Das ursprünglich violette Plättchen hat dadurch eine grüne Farbe angenommen. Wird nun das Plättchen samt der von ihm aufgenommenen Salzsäure auf eine säurelösliches Ca enthaltende Oberfläche gebracht, z.B. auf die Schmelzoberfläche eines Zahnes, so löst die Säure Ca heraus und wird durch Salzbildung neutralisiert. Mit fortschreitender Neutralisation nimmt auch das pH zu, und das Indikatorplättchen erlangt seine ursprüngliche Farbe (violett) wieder. Die Zeit vom Aufbringen des Plättchens bis zum Wiedererlangen der ursprünglichen Farbe wird gemessen und gilt als Ausdruck der Ca-Löslichkeit.

Wurde der CRT-Test von MÜHLEMANN und Mitarbeitern hauptsächlich zur Prüfung der Fluorwirkung auf die Schmelzlöslichkeit angewandt, so richteten sich die Untersuchungen von CONRAD (1961) in erster Linie auf die Brauchbarkeit des CRT-Testes als allgemeinen Kariesanfälligkeitstest. Dabei wurden im wesentlichen zwei Tatsachen beobachtet, die Anlaß zu weiteren Untersuchungen geben:

1. Die CRT-Werte an der Oberfläche eines gesunden oder kariösen Zahnes, der sich im Mundmilieu befindet, sind unterschiedlich. Auf intakten Schmelzoberflächen bewegen sich die meisten CRT-Werte zwischen 2 und 3 Minuten. Höhere oder niedrigere Werte sind in den meisten Fällen durch Schmelzkaries bedingt. Als Ursache hierfür wurden durch die Karies hervorgerufene Umkristallisationsvorgänge des Apatits mit erhöhter Löslichkeit desselben bzw. fortgeschrittener Mineralverlust durch Karies angenommen. Es konnte somit gezeigt werden, daß exogene Einflüsse (wie z.B. Karies) die Schmelzlöslichkeit an bestimmten Stellen eines Zahnes verändern können.
2. Die CRT-Werte an der Wurzeloberfläche eines Zahnes bzw. mehrerer Zähne eines Patienten sind gleich.

Aus der 1. Feststellung ergibt sich die Frage, ob auch die unregelmäßige Streuung der CRT-Werte bzw. die unterschiedliche Schmelzlöslichkeit auf intakten, also nicht kariös veränderten Schmelzoberflächen eine Folge des umgebenden Mundmilieus darstellt oder bereits durch Eigenheiten der Schmelz-

bildung bedingt ist. Es ist dies eine Teilfrage im Rahmen des im Hinblick auf Kariesforschung und therapeutische Beeinflussung des Mundmilieus interessierenden Problems, inwiefern ein Zahn bereits mit Stellen minderer Widerstandsfähigkeit und also zur Karies prädisponiert in die Mundhöhle durchbricht, bzw. inwiefern er ursprünglich homogen ausgebildet, diese "locos minoris resistentiae erst im Mundmilieu erwirbt. Um diese Frage beantworten zu können, wäre es interessant, die CRT-Werte auf der Schmelzoberfläche vollständig retinierter Zähne zu untersuchen.

Aus der 2. Feststellung ergibt sich die Frage, ob Zusammenhänge zwischen CRT-Werten an den Wurzeloberflächen und Kariesanfälligkeit, parodontaler Resistenz, Alter oder Geschlecht eines Patienten bestehen. CRT-Werte von extrahierten Zähnen könnten möglicherweise Angaben über die derzeitige parodontale Resistenz eines Patienten erlauben und damit im Hinblick auf eine prothetische Planung oder auf die Erfolgsaussichten einer Paradentosebehandlung praktische Bedeutung erlangen.

Aus diesen Gründen wurden folgende Untersuchungen mit dem CRT-Test angestellt.

1. CRT-Teste auf dem Wurzelzement von Zähnen, die in die Mundhöhle durchgebrochen waren und später extrahiert wurden.
2. CRT-Teste auf der Schmelzoberfläche vollständig retinierter Zähne.

II. LITERATURÜBERSICHT

Seit in der Zahnheilkunde die Vermutung auftauchte, Säuren könnten im Kariesgeschehen eine Rolle spielen, beschäftigte sich die zahnärztliche Forschung mit dem Problem der Schmelzlöslichkeit.

Die ersten Versuche in dieser Hinsicht wurden nach MILLER (1892) wohl von BEDMORE 1771 und CARABELLI 1831 mit Salpeter- bzw. Schwefelsäure unternommen. In der Folgezeit wurden viele ähnliche Experimente durchgeführt, wobei auch schwächere Säuren und geringere Konzentrationen angewandt wurden. Es ging dabei in erster Linie um die Frage der Schmelzlöslichkeitsbedingungen.

In der vorliegenden Arbeit interessieren im Gegensatz dazu weniger die Löslichkeitsbedingungen, als vielmehr die Messung der jeweiligen Löslichkeit der Schmelzoberfläche. Darauf wird im Folgenden eingegangen. Es soll dabei zunächst an Hand von Beispielen ein Überblick über verschiedene, hierfür bisher angewandte Untersuchungsmethoden gegeben werden.

Von DOBBS wurde 1932 eine Methode zur Untersuchung der Schmelzlöslichkeit von Zähnen an deren Oberfläche angegeben. Der betreffende Zahn wurde dabei für bestimmte, jeweils gleiche Zeitabstände in ein Bad mit einer organischen Säure getaucht. Nach jedem Zeitabschnitt wurden an den verschiedensten Stellen der Schmelzoberfläche Ritzproben mit einem spitzen Instrument unternommen. Gelang es den Zahn anzuritzen, galt er als "entkalkt". Die Zeit, die der jeweilige Zahn bzw. das betreffende Feld eines Zahnes so dem Säurebad ausgesetzt werden mußte, um ritzbar zu werden, galt als Maß für die Schmelzlöslichkeit. Die Methode erlaubte im Gegensatz zu den in der Folgezeit angewandten bereits eine detaillierte Bestimmung der Oberflächenlöslichkeit eines Zahnes. So konnte DOBBS bereits Angaben über die Schmelzlöslichkeit auf Abrasionsstellen u.s.w. machen.

BENEDICT und KANTHAK (1932) verwendeten für ihre Schmelzlöslichkeitsversuche Schmelzpulver von kariesfreien Zähnen. Die Zähne wurden dazu 6 Stunden im Vakuumofen getrocknet und erhitzt. Anschließend wurde der Schmelz in Stücken abgesprengt, von Dentin gereinigt und in einem Mörser zermahlen. Das Schmelzpulver wurde dann Pufferlösungen ausgesetzt und so bei konstantem pH entkalkt. Nach einer bestimmten Zeit wurde die Entkalkungsflüssigkeit filtriert und anschließend auf ihren Gehalt an Ca und P untersucht. Es konnten mit dieser Methode wegen der Schwierigkeit, geringe Mengen der betreffenden Stoffe zu analysieren, nur Durchschnittswerte von mehreren Zähnen gewonnen werden.

Dasselbe Prinzip, nur mit einem Speichel-Glukosegemisch als Entkalkungsflüssigkeit, verwendeten FOSDICK, HANSEN, EPPLE (1937) für ihre Versuche.

VOLKER (1940), der ebenfalls Schmelzpulver aber mit definierter Korngröße verwendete, erfaßte den Entkalkungsvorgang gewichtsmäßig, um so die damaligen Schwierigkeiten der Analyse geringer Mengen Ca und P zu umgehen. Das getrocknete Schmelzpulver wurde dazu vor der Entkalkung gewogen. Nach Beendigung der Säurebehandlung wurde die Lösung zentrifugiert, filtriert, der Filterrückstand samt Filterpapier getrocknet und letzterer anschließend wieder gewogen. Der Gewichtsverlust des Schmelzpulvers in einer definierten Zeiteinheit wurde als Maß für die Schmelzlöslichkeit verwendet. Es war damit möglich, einzelne Zähne zu untersuchen.

PHILLIPS und MUHLER (1947) entwickelten ihre Methode, um die Schmelzlöslichkeit eines Zahnes unter denselben Bedingungen wie in der Mundhöhle untersuchen zu können. Sie anerkennen zwar die obige Methode von VOLKER als "the most accurate method of studying solubility" (die genaueste Methode, um Löslichkeitsverhältnisse zu untersuchen, übers. d. Verf.), doch machen sie ihr zum Vorwurf, dies an ausgetrocknetem Material mit einer unnatürlichen und viel zu großen Oberfläche zu tun. Sie nahmen daher Zähne, die nach der Extraktion niemals austrocknen konnten, und teilten deren Kronen mittels einer Diamantscheibe in 4 Kronenteile. Die Dentinanteile wurden daraufhin mit einer säureresistenten Abdruckmasse abgedeckt. Die Zahnteile wurden kurz abgetrocknet, gewogen und anschließend der Entkalkungslösung für eine bestimmte Zeit ausgesetzt. Anschließend wurde wiederum in "feuchtem" Zustand gewogen, und der Gewichtsverlust als Maß für die Schmelzlöslichkeit eingesetzt.

Da es auf Grund der stark verfeinerten Analysemöglichkeiten für Ca und P z.B nach SCHWARZENBACH und BIEDERMANN (1946) nach dem Kriege möglich war, auch sehr kleine Mengen dieser Stoffe zu bestimmen, konnten nunmehr Schmelzlöslichkeitsversuche an einem Einzelzahn unter Anwendung der mikroanalytischen Ca- und P-Bestimmung durchgeführt werden. So deckten MÜHLEMANN, SCHMID, KÖNIG (1957) die Wurzeln stets gleicher Zähne mit Wachs ab und tauchten sie bei pH 4 in einen Phthalatpuffer, in dem nach einer bestimmten Zeit Ca und P analytisch bestimmt wurden. Die Menge des gelösten Ca und P galt als Maß für die Schmelzlöslichkeit des betreffenden Zahnes.

Eine Versuchsanordnung, die Untersuchungen einzelner Teile der natürlichen Oberfläche eines Zahnes ermöglichte, wurde von BOYD (1950) mit der sogenannten "Window Technik" angegeben. Auf eine bestimmte Fläche eines Zahnes wurde ein 5,5 mm großes Metallscheibchen aufgebracht, und anschließend die gesamte Krone sowie alle übrigen Teile mit einem säureresistenten Gemisch aus Gilsonit und Toluol überzogen. Die Scheibe mußte nunmehr wieder vorsichtig entfernt werden, wodurch ein ungeschütztes Fenster in dem säureresistenten Überzug entstand. Wurde der Zahn nunmehr in ein Säurebad gebracht, so konnte dies nur an dem Fenster angreifen. Aus der Entkalkungsflüssigkeit

wurden nach einer bestimmten Zeit Ca und P bestimmt und als Maß für die Schmelzlöslichkeit der betreffenden Stelle verwendet.

Die "Window Technik" erlaubte zwar die differenzierte Untersuchung der Schmelzoberfläche durch Bildung verschiedener Fenster, doch erforderte sie einen erheblichen zeitlichen und technischen Aufwand. Der CRT-Test (Color Reaction Time Test) wurde daher von WALTER (1958) als "Eine einfache Methode zur orientierenden Bestimmung der Schmelzlöslichkeitsherabsetzung..." angegeben. Das Prinzip des Testes wurde oben bereits beschrieben. Von WALTER wurden dabei Doppelplättchen aus Fließpapier, getränkt in 0,2%iger alkoholischer Kristallviolettlösung,verwendet. Die Beschickung mit HCl erfolgte dabei zunächst durch Eintauchen der Scheibchen für 2-3 sec. in 1 N Säure, wobei die Streuung zwischen 1,30 und 2,50 mg aufgenommener HCl lag. Die Reaktion bei unbehandelten Molaren begann dabei nach 13 sec. mit Blaufärbung und endete nach 41 sec. mit Violettfärbung.

Im Hinblick auf seine Verwendungsmöglichkeit für in vivo Bestimmungen der Schmelzlöslichkeit wurde der CRT-Test von MÜHLEMANN und WOHLGENSINGER (1959) weiterentwickelt. Die Indikatorplättchen wurden dabei mit einem kleineren Durchmesser von 2 mm aus einfachen Lagen von Filterpapier hergestellt. Die HCl-Menge wurde mit einer Mikroinjektionsspritze genau auf 2 µl einer N/3 HCl dosiert.

CONRAD (1961), die hauptsächlich in vitro Versuche anstellte, reduzierte die HCl-Menge auf 1,5µl unter Beibehaltung der von WALTER ursprünglich angegebenen 1 N HCl.

Die Ergebnisse der meisten oben angeführten Autoren beziehen sich auf die Beeinflußbarkeit der Schmelzlöslichkeit durch verschiedene Fluorverbindungen. Da diese im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht besprochen werden sollen, werden nur die hier interessierenden Ergebnisse angeführt.

DOBBS (1932) fand, daß durchgebrochene Zähne an ihrer natürlichen Oberfläche eine größere Säureresistenz aufweisen als in tieferen Schmelzschichten. Dagegen fand er: "Unerupted teeth do not have the surface-resistance property shown by erupted teeth". (Nicht-durchgebrochene Zähne besitzen nicht die gleiche Eigenschaft der Oberflächenresistenz wie in die Mundhöhle durchgebrochene Zähne. Übers. d. Verf.) Ob die Schmelzlöslichkeit dabei überall auf einem retinierten Zahn gleich oder verschieden ist, wird nicht angegeben, nur soll sie größer sein als auf durchgebrochenen Zähnen. Auf letzteren wird die Löslichkeit als durchaus unterschiedlich angegeben. So wiesen z.B. Abrasionsstellen stets hohe Schmelzlöslichkeit auf. Die Frage, ob die Nasmythsche Membran die Ursache dafür sein könnte, wird erörtert, aber wegen ihres seltenen Vorkommens für die meisten Fälle zugunsten einer muzinhaltigen Haut verworfen. Jedenfalls wurde die Schmelzlöslichkeit sofort stark erhöht, sobald die oberflächliche Schmelzschicht abgeschliffen wurde, woraus nach

DOBBS folgt, daß die Schmelzoberfläche durchgebrochener Zähne in jedem Fall deutlich säureresistenter ist als tiefere Schichten. Bei retinierten Zähnen wurde dies jedoch nicht gefunden. Die Schmelzlöslichkeit sank nach Abschleifen der Oberfläche nicht mehr wesentlich.

VOLKER (1940) untersuchte Schmelzpulver von 15 retinierten Zähnen, fand dabei jedoch keine unterschiedliche Löslichkeit zwischen retinierten und durchgebrochenen Zähnen.

CONRAD (1961) untersuchte mit dem CRT-Test die Schmelzoberflächen durchgebrochener Zähne. Dabei fand sich für die so bestimmte Schmelzlöslichkeit: "Die CRT ist an verschiedenen Stellen der intakten Schmelzoberfläche verschieden." Außerdem ergab sich: "Die CRT ist an jedem Zahn verschieden, auch bei Zähnen der gleichen Personen sind die CRT-Werte nicht gleich." Ähnliche Beobachtungen wurden auch schon von MÜHLEMANN und WOHLGENSINGER (1959) im Rahmen ihrer in vivo Versuche gemacht: "However the correlation of single CRT values between left and right in the same individual was poor." (Jedoch war die Übereinstimmung einzelner CRT-Werte zwischen rechts und links (obere Frontzähne) bei der gleichen Person gering. Übers. d. Verf.)

Angesichts der Tatsache, daß die von CONRAD (1961) mit dem CRT-Test auf den Oberflächen durchgebrochener Zähne erzielten Ergebnisse im wesentlichen mit denen von DOBBS übereinstimmen, wäre es wünschenswert, mit der neuen Methode nunmehr auch die Oberfläche retinierter Zähne zu untersuchen, zumal hier, die von DOBBS gefundenen Ergebnisse im Widerspruch zu denen von VOLKER stehen.

Zur Frage der Zementoberflächenlöslichkeit fand CONRAD (1961): "Die CRT ist an der Wurzeloberfläche eines Zahnes mit abgeschlossenem Wurzelwachstum stets gleich."

"Die Wurzel-CRT-Werte sind bei verschiedenen Zähnen eines Patienten sehr ähnlich."

Nun weisen Autoren wie SALPETER (1953) und KIRSCH (1954) nach, daß das Wurzelzement ständig dicker wird und zwar kontinuierlich mit dem Lebensalter (ZANDER und HURZELER 1958), daß also stets Ca-Salze abgelagert werden. In gewisser Hinsicht könnte daher ein Zusammenhang zwischen dem Allgemeinzustand des Organismus und dem Wurzelzement bestehen. Von SALPETER (1953) wird dies für Hypercholesterinämie nachgewiesen. Andererseits findet der Allgemeinzustand des Organismus unter Umständen seinen Niederschlag in erhöhter Kariesanfälligkeit oder parodontaler Insuffizienz.

Es wäre daher interessant festzustellen, ob zwischen den Wurzel-CRT-Werten eines Patienten und dem Zustand seines Gebisses im Hinblick auf Karies oder Parodontopathien Zusammenhänge gefunden werden können.

III. MATERIAL UND METHODEN

A. MATERIAL:

Als Untersuchungsmaterial wurden in die Mundhöhle durchgebrochene sowie retinierte Zähne verwendet.

1. Für Versuche an vollständig retinierten Zähnen standen 22 Exemplare zur Verfügung, die wegen Verdacht auf Herderkrankung, Störung der normalen Zahnstellung oder Gefährdung der Parodontien der Nachbarzähne operativ entfernt werden mußten. Es handelte sich im wesentlichen um die Zähne -8-, +3+, -5- sowie um Mesiodentes. Getestet wurden nur solche Oberflächen, die unverletzte Perikymatien aufwiesen. Dadurch wurden Versuche auf solchen Stellen vermieden, die während der Operation beschädigt wurden. Bei diesen Zähnen wurden sowohl auf den Kronen wie auf den Wurzeln, soweit solche vorhanden waren, Messungen vorgenommen.
2. Ferner wurden Untersuchungen an 76 in die Mundhöhle durchgebrochenen Zähnen angestellt, die wegen Karies oder Parodontopathien extrahiert worden waren. Sie stammen von 54 Patienten, wobei von 34 Patienten jeweils 1 Zahn, von 19 Patienten jeweils 2 Zähne und von einem Patienten 4 Zähne zur Verfügung standen. Von den Patienten wurde vor oder nach der Extraktion ein Zahnstatus mit Lockerungsgraden und Taschentiefen erhoben sowie das Alter des Patienten festgestellt.

   Aus den einzelnen CRT-Werten jedes Zahnes wurden Mittelwerte gebildet und diese zur weiteren Auswertung verwendet. Waren von einem Patienten mehrere Zähne vorhanden, so wurden aus den Mittelwerten der Einzelzähne Durchschnittswerte gebildet und diese dann zur weiteren Auswertung herangezogen. Für die Vergleiche zwischen Wurzel-CRT und Kariesanfälligkeit bzw. Zustand der Parodontien wurden jeweils nur die Zähne solcher Patienten verwendet, deren Restgebiß eine ausreichende Klassifizierung in dieser Hinsicht erlaubte.

   Die Einteilung zur Beurteilung der Kariesanfälligkeit erfolgte modifiziert nach TURNER und MEYER (1952) in 5 Stufen:

   0: Keine Karies oder Füllungen.
   1: Nur okklusale Karies bzw. Füllungen an Molaren und Prämolaren.
   2: Okklusale und approximale Karies bzw. Füllungen oder Kronen an Molaren und Prämolaren.

3: Approximale Karies bzw. Füllungen an oberen Frontzähnen.
4: Approximale Karies bzw. Füllungen an unteren Frontzähnen.

Die Einteilung der Parodontopathien erfolgte in 3 Klassen:

1.) Keine Parodontopathien.
2.) Umschriebene Parodontopathien einer Zahngruppe, z.B. an den unteren Frontzähnen. Bei Jugendlichen unter 25 Jahren reichte eine bloße Gingivitis ohne Taschenbildung aus, um den betreffenden Patienten in Stufe 2 einzuordnen. Bei älteren Patienten, wo sich die Gingivitis oft als schwächste Reaktion auf den vorhandenen Zahnstein darstellte, wurde der Nachweis einer parodontalen Tasche gefordert.
3.) Entzündliche Parodontopathien vorwiegend progressiven Charakters (Taschenbildung) an mehr als einer Zahngruppe.

B. BESTIMMUNG DES EXPERIMENTELLEN FEHLERS:

Angesichts der übrigen Versuche, bei denen auf Grund von Meßreihen mit streuenden Werten Aussagen über gleichbleibende oder unterschiedliche Ca-Löslichkeit gemacht werden sollten, war es wünschenswert, die Fehlerbreite des CRT-Testes unter optimalen Bedingungen kennen zu lernen. Es mußte also ein Prüfkörper gefunden werden, dessen Oberfläche eben und glatt und dessen Gehalt an löslichem Ca homogen verteilt ist. Als solches Prüfobjekt bewährte sich ein Zementplättchen. Es wurde aus mäßig dick angemischtem und zwischen 2 Glasplatten zu einer Scheibe ausgedrücktem Havard-Phosphatzement (normalhärtend) hergestellt.

Während der praktischen Versuche zeigte sich, daß die Ca-Löslichkeit des Zements in den ersten Stunden nach dem Erstarren starken Veränderungen unterliegt. Die erste kleine Meßreihe mit brauchbaren Ergebnissen konnte ungefähr 4 Stunden nach dem Erstarren vorgenommen werden. Offenbar unterliegt die Zementlöslichkeit aber auch dann noch gewissen - wenn auch langsam verlaufenden - Änderungen, wie spätere Messungen zeigten. Es erscheint somit ratsam, größere Meßreihen erst nach Tagen zu beginnen. Eine 2. größere Meßreihe wurde deshalb am 4. Tag nach dem Abbinden vorgenommen. Die Ergebnisse der beiden Reihen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

		1. Tag		4. Tag	
CRT-Werte (sec.)		50	84	77	79
		50	82	81	80
		52	89	83	77
		49	88	77	83
		49	84	77	86
		53	83	84	82
		53	79	80	
		50			
N	(Zahl der Einzelmessungen)	8		20	
$\bar{x}$	(Mittelwert)	50,75		81,75	
s	(Mittl. Fehler der Einzelmessung)	1,67		3,57	
v	(Variabilitätskoeffizient)	3,29		4,36	
$s_{\bar{x}}$	(Standardabweichung)	0,59		0,78	

Tab. 1: CRT-Messungen auf einem Zementplättchen zur Bestimmung des experimentellen Fehlers.

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß die an einem Tage gemessenen CRT-Werte mit einem mittleren Fehler (s) von 1,67 bzw. 3,57 sec. um einen Mittelwert ($\bar{x}$) streuen. Die Streuung ist ausschließlich auf Ungenauigkeiten der Methode zurückzuführen und wird deshalb als methodischer Fehler angesprochen. Sie geht vermutlich hauptsächlich zu Lasten der Salzsäuredosierung und der Unsicherheit bei der Festlegung des Farbumschlages. Es ist also damit zu rechnen, daß die Streuung der Einzelwerte um einen Mittelwert mindestens 3,2 - 4,3 % beträgt, in der Regel jedoch unter den ungünstigen Bedingungen der Zahnoberfläche erheblich darüber liegt.

Auf der Schmelzoberfläche sind es vor allem gewölbte Flächen, feinste Risse, die Säure absaugen, unvollständig entfernte Auflagerungen und wechselndes Oberflächenprofil (z.B. durch unterschiedlich starke Perikymatien), die die Streuung der CRT-Werte steigern. Für die Zementoberfläche kommen als solche ungünstigen Bedingungen unvollständig entfernte Wurzelhautfasern, mechanische Schädigungen des dünnen Zementmantels beim Säubern, starke Rauhigkeitsunterschiede, unterschiedliche Farbtöne der Wurzel und mögliche Messungen oberhalb des Zahnfleischansatzes in Betracht.

Bemerkenswert am Versuchsablauf auf dem Zementplättchen war die Deutlichkeit des Farbwechsels und die Intensität der Farben. So war insbesondere

die violette Farbe bemerkenswert tief.

C. METHODEN

Aufbewahrung: Die Zähne wurden sofort nach der Entfernung in 70%igem Alkohol aufbewahrt. Dadurch werden die CRT-Werte nicht mehr sekundär verändert (CONRAD 1961). Die Aufbewahrung in Alkohol wurde der sofortigen Bearbeitung vorgezogen, um den subjektiv begründeten Meßfehler durch rasch aufeinanderfolgende Messungen möglichst klein zu halten.

Reinigung: Die retinierten Zähne wurden vor der Messung mit $CaCO_3$ (Schlämmkreide) und Zahnbürste unter fließendem Wasser gereinigt. Dadurch wird der Zahnschmelz bzw. sein Schmelzoberhäutchen nicht beschädigt (SCHÜLE 1962). Die Reinigung der Zahnwurzeln erwies sich mitunter als schwierig, da die Fasern vollständig entfernt werden sollten, das Zement aber nicht beschädigt werden durfte. Es wurden daher zuvor die Fasern mittels eines Zahnsteininstrumentes vorsichtig abgeschabt. Der Zahnfleischansatz wurde möglichst belassen, um Messungen auf dem nekrotischen, d.h. oberhalb des Zahnfleischansatzes liegenden Zementes (GOTTLIEB 1920) auszuschließen. Hierauf wurden die Wurzeln ebenfalls mittels Zahnbürste und Schlämmkreide unter fließendem Wasser gereinigt. Anfängliche Versuche, die Wurzeln mit Ziegenhaarbürste und Schlämmkreide am rotierenden Motor zu reinigen, schlugen fehl, da häufig das Zement entfernt wurde, und glänzendes Dentin zutage trat, das sich dadurch vom matteren Zement unterscheiden ließ. Nach der Reinigung wurden sämtliche Zähne mit einem Zellstoffläppchen abgetrocknet und sofort getestet.

CRT-Test: Die Indikatorplättchen wurden aus dem von MÜHLEMANN und WOHLGENSINGER (1959) angegebenen Filterpapier (SS 597, Schleicher u. Schüll) hergestellt. Die Filterpapierblätter wurden dazu jeweils 30 sec. in einer 0,02%igen wässerigen Lösung von Kristallviolett (Merck Nr. 1407) hin- und herbewegt und anschließend bei Zimmertemperatur auf einer Glasplatte getrocknet. Mittels einer Sattlerlochzange wurden daraus kleine Plättchen von jeweils 2 mm Ø hergestellt und lichtgeschützt aufbewahrt. Nach CONRAD (1961) entsprechen die Farben bei Kristallviolett folgenden pH-Werten: gelb = pH 0, grün = pH 1, violett = pH 2. Der Farbumschlag erfolgt dabei kontinuierlich von gelb über gelbgrün, grün, blau bis violett.

Die Salzsäure wurde wie bei CONRAD als 1 N HCl in einer Dosierung von 1,5 µl verwendet. Die Dosierung erfolgte mittels einer Mikroinjektionsspritze (40 µl, Bodenseewerk Perkin-Elmar u. Co.) mit Subkutankanüle Nr. 20 (CONRAD 1961).

Der Transport sowie das Abnehmen des Säuretropfens von der Kanülenspitze und das Aufbringen und Andrücken des Indikatorplättchens auf das Testobjekt erfolgte mittels einer rostfreien spitzen Pinzette. Geringe Verluste an Salzsäure, die an der Kanüle bzw. der Pinzette hängen bleiben, sind bei diesem Vorgehen unvermeidlich.

Hilfsmittel zum CRT-Test: Die Zeit wurde mittels Stoppuhr mit Fußkontakt gemessen. Die Zeitangabe erfolgte in der vorliegenden Arbeit in Sekunden, Sekundenbruchteile wurden auf- bzw. abgerundet.

Die Schwierigkeit des CRT-Testes liegt in der Beurteilung des Farbumschlages, der nicht schlagartig, sondern mehr oder weniger fließend von einer Farbe in die andere erfolgt. Um den Farbwechsel leichter erkennen zu können, wurden Vorversuche unternommen, den CRT-Test durch blaue, rote, gelbe und grüne Spektralgläser zu beobachten. Die Ergebnisse waren jedoch nicht befriedigend. Wohl wurden gegenüber den Farbumschlägen schärfer bestimmbare Helligkeitsunterschiede erzielt, doch ist das Vergleichen solcher Helligkeitsunterschiede über längere Zeiträume hinweg kaum möglich. Außerdem wurden Versuche bei roter, blauer und gelber Beleuchtung ausgeführt. Dabei erwies sich eine intensive Beleuchtung mit dem gelben Licht einer üblichen 100 Watt Mattglasglühlampe als vorteilhaft. Besonders der wichtige Umschlag von blau nach violett konnte dabei deutlicher differenziert werden als bei Tageslicht. Außerdem waren auf diese Weise stets gleiche, von Tageszeit und Witterung unabhängige Versuchsbedingungen gegeben. Der Ablauf des CRT-Testes wurde dabei durch eine an einem Stativ befestigte Lupe beobachtet, wodurch ebenfalls eine bessere Farbdifferenzierung und eine im Verhältnis zur Beleuchtungsquelle stets gleiche Lage erzielt wurde.

Meßpunkte: Eine bestimmte, stets gleiche Lokalisation der Meßpunkte konnte nicht eingehalten werden. Es kam vielmehr darauf an, sowohl an der Krone retinierter Zähne wie an den Wurzeln durchgebrochener Zähne möglichst viele Messungen an hierfür geeigneten Stellen zu machen. Bei den Wurzeln wurde im allgemeinen von cervikal nach apikal, bei den retinierten Zähnen zirkulär um den Zahn gemessen. Stark konvex und konkav gewölbte Stellen, rissige oder beschädigte Stellen sowie Okklusalflächen retinierter Zähne wurden nicht getestet.

Berechnungen: Aus den auf den Wurzeloberflächen gemessenen CRT-Werten wurden Mittelwerte ($\bar{x}$) gebildet und diese zur weiteren graphischen bzw. rechnerischen Auswertung verwendet. Um Vergleiche zwischen Schmelz-CRT und Wurzel-CRT retinierter Zähne anzustellen, wurde ebenso verfahren. In üblicher Weise wurden dann s = mittlerer Fehler der Einzelmessung und $s_{\bar{x}}$ = Standardabweichung berechnet (WEBER 1956). Um die Meßgenauigkeit der einzelnen Meßwerte besser vergleichen zu können, wurde jeweils der mittlere Fehler der Einzelmessung in % des Mittelwertes = Variabilitätskoeffizient (v) angegeben.

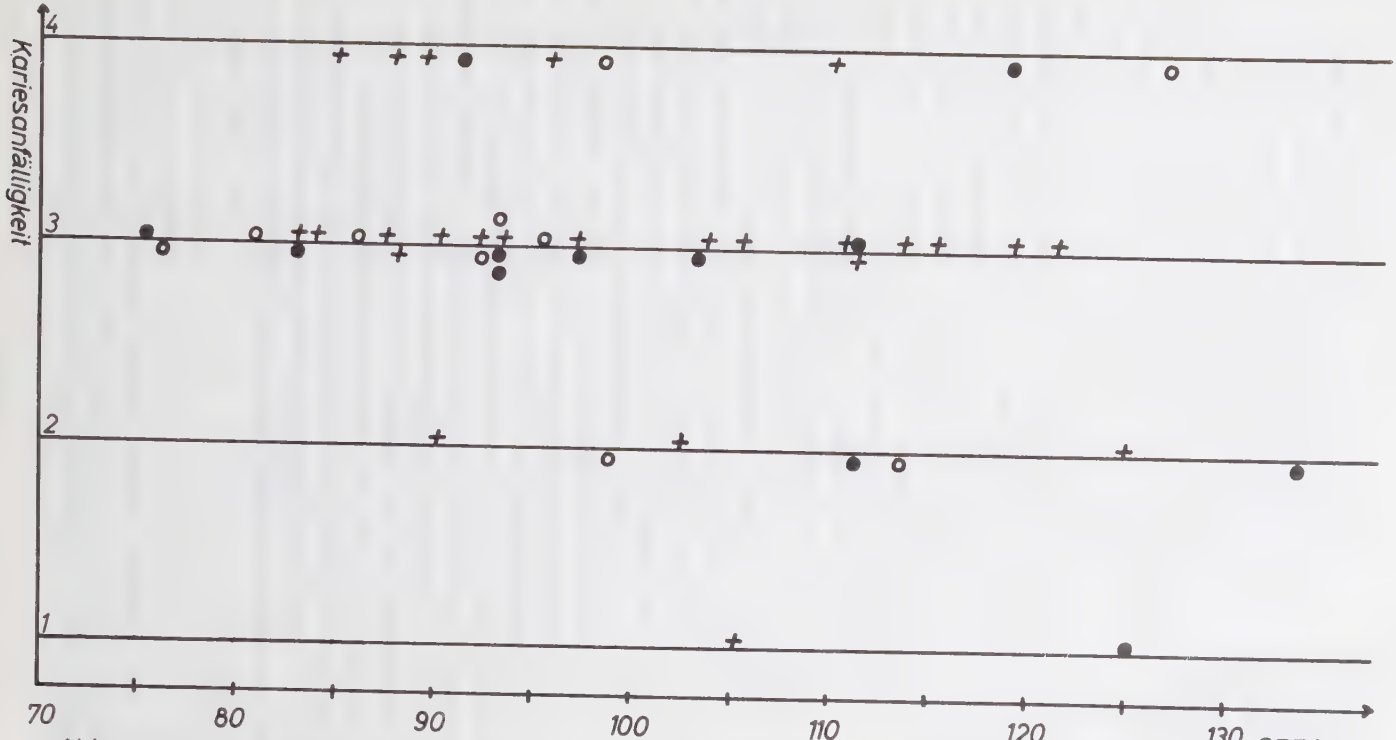

Abb.1: Wurzel- CRT und Kariesanfälligkeit unter Berücksichtigung des Alters der Patienten
(● bis 25 Jahre, + bis 50 J., o über 50 J.)

IV. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse sollen in der Reihenfolge der Fragestellungen, wie sie in der Einleitung aufgeführt sind, wiedergegeben werden.

A. WURZEL-CRT GEMESSEN AUF WURZELN DURCHGEBROCHENER ZÄHNE

Die CRT-Mittelwerte auf den Wurzeloberflächen durchgebrochener, extrahierter Zähne schwanken zwischen 75 und 134 sec., also in einem Intervall von 59 sec. Die CRT-Durchschnittswerte werden im Verhältnis zu Karies, Parodontopathien, Alter und Geschlecht der betreffenden Patienten dargestellt. Auf eine tabellarische Wiedergabe der einzelnen Meßwerte wird verzichtet. Die Ergebnisse werden statt dessen aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit graphisch aufgezeichnet.

1. Wurzel-CRT und Kariesanfälligkeit

Die Ergebnisse wurden an 63 Zähnen von 46 Patienten gefunden, wobei jeweils von 31 Patienten 1 Zahn, von 14 Patienten 2 Zähne und von 1 Patienten 4 Zähne ausgewertet wurden. Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Abb. 1.

In jeder der Kariesanfälligkeitsgruppen 2 - 4 verteilen sich die Werte nahezu über den gesamten Bereich des gefundenen Wurzel-CRT-Intervalls. Gruppe 1 kann, da sie nur aus 2 Werten besteht, nicht zu einer Beurteilung herangezogen werden. Aus Abbildung 1 läßt sich somit kein Zusammenhang zwischen steigender Kariesanfälligkeit und steigender bzw. fallender Wurzel-CRT erkennen. Es wurden daher aus jeder der Kariesanfälligkeitsgruppen Mittelwerte gebildet, Die Standardabweichung wird dabei nicht angegeben, da die weite Streuung der Einzelwerte aus Abbildung 1 ersichtlich ist.

Gruppe 1 : 113,95 sec.
" 2 : 101,50 sec.
" 3 : 96,62 sec.
" 4 : 97,10 sec.

Aus den Durchschnittswerten der Gruppen 2 - 4 läßt sich keine eindeutig steigende oder fallende Tendenz erkennen. Die Mittelwerte liegen vielmehr so eng beieinander, daß ihre Differenz als Zufall angesehen werden muß.

Ein Zusammenhang zwischen Wurzel-CRT und Kariesanfälligkeit läßt sich demnach an dem vorliegenden Material nicht feststellen.

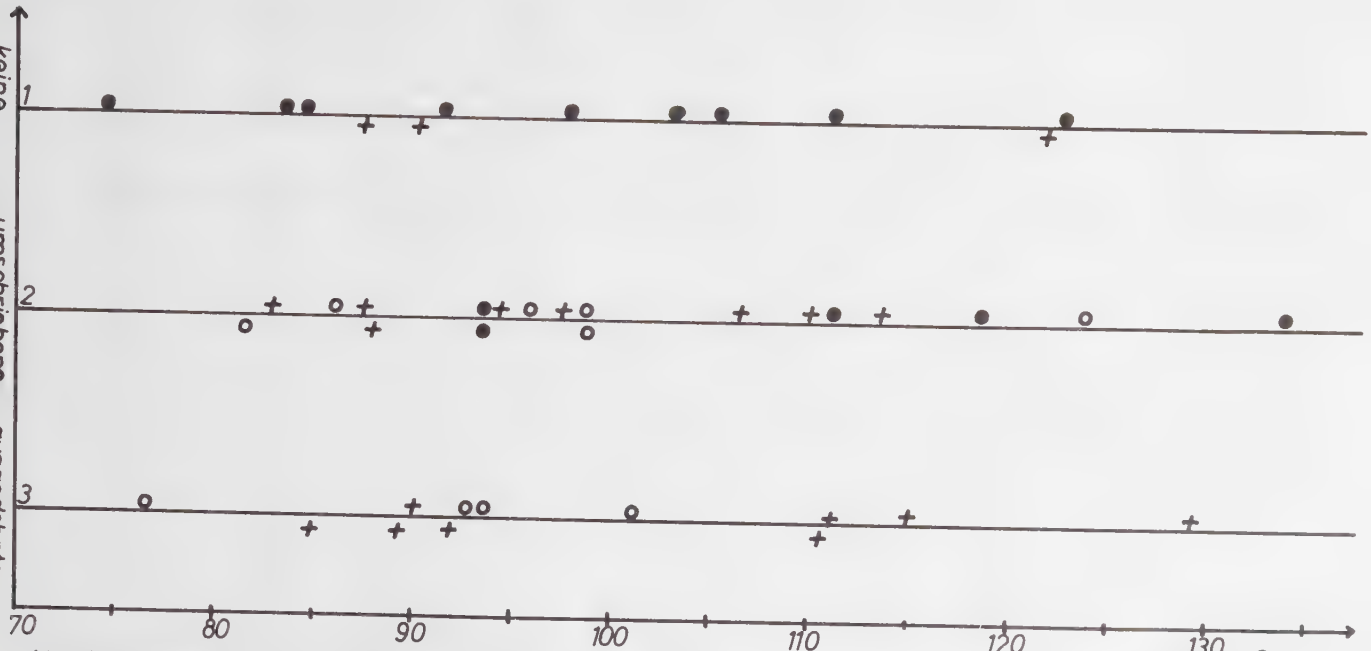

Abb. 2: Wurzel-CRT und Parodontopathien unter Berücksichtigung des Alters der Patienten
(● bis 25 Jahre. + bis 50 J. o über 50 J.)

2. Wurzel-CRT und Parodontopathien

Die Ergebnisse wurden an 59 Zähnen von 45 Patienten gefunden. Dabei wurden von 30 Patienten jeweils 1 Zahn und von 14 Patienten jeweils 2 Zähne getestet. Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Abbildung 2.

In jeder der 3 Gruppen der Abbildung 2 verteilen sich die Werte nahezu über den gesamten Streubereich der möglichen CRT-Werte, so daß sich kein Zusammenhang zwischen Wurzel-CRT und dem Auftreten von Parodontopathien feststellen läßt. Es wurden daher aus den 3 Gruppen Mittelwerte gebildet:

1	(parodontal gesund)	98,50
2	(umschriebene parodontale Erkrankungen)	102,07
3	(Parodontopathien in mehreren Zahngruppen)	98,90

Die dicht zusammenliegenden Mittelwerte weisen darauf hin, daß die Verteilung der CRT-Werte in jeder Gruppe ungefähr gleich ist. Die geringen Unterschiede der Mittelwerte sind bei der großen Streuung der Einzelwerte nicht signifikant. Auch nach Berücksichtigung der Altersunterschiede durch Einteilung in 3 Gruppen, bis 25 Jahre, bis 50 Jahre und über 50 Jahre lassen sich keine Zusammenhänge finden.

Ein Zusammenhang zwischen Wurzel-CRT und dem Auftreten von Parodontopathien ist demnach nicht zu erkennen.

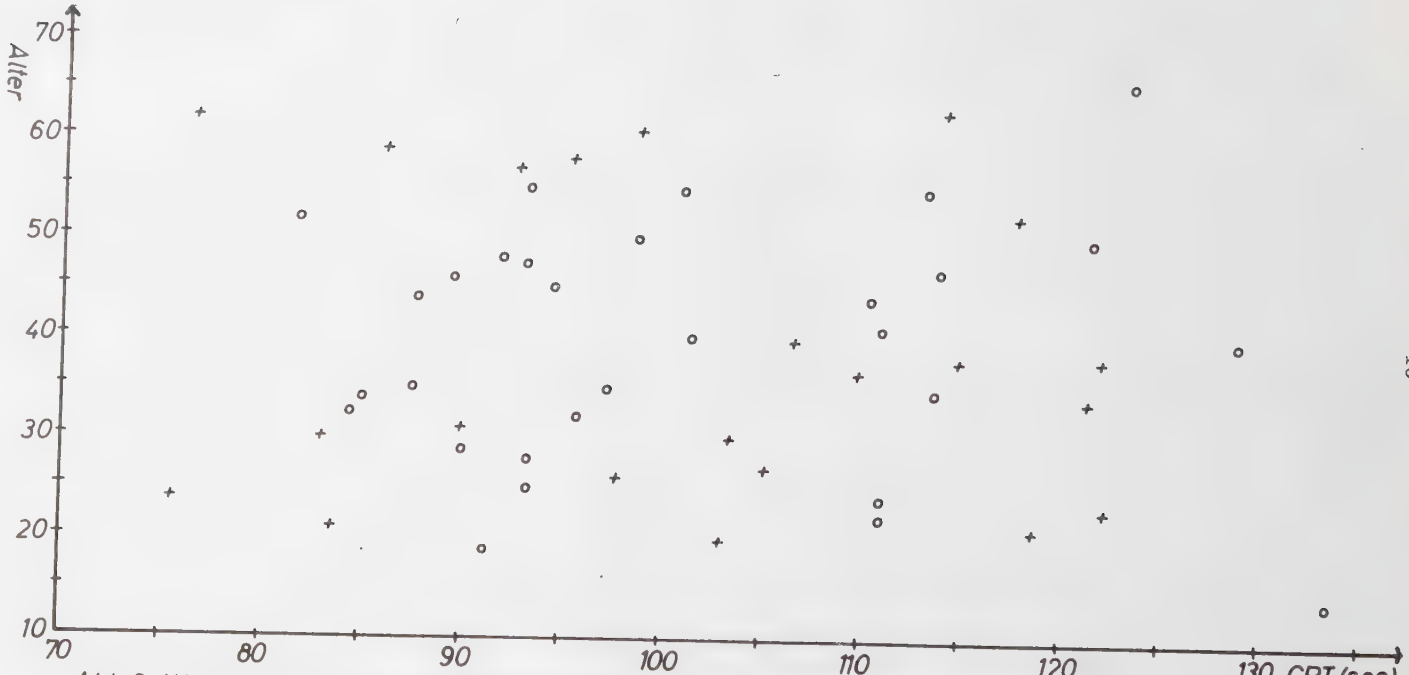

Abb. 3: Wurzel-CRT in Zusammenhang mit Alter und Geschlecht der Patienten
(o = ♂, + = ♀)

3. Wurzel-CRT in Zusammenhang mit Alter und Geschlecht

Die Untersuchungen wurden an 71 Zähnen von 52 Patienten vorgenommen. Dabei waren in 33 Fällen 1 Zahn und in 19 Fällen 2 Zähne von jedem Patienten vorhanden.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 graphisch dargestellt.

Ein Zusammenhang zwischen Alter oder Geschlecht und den Wurzel-CRT-Werten ist aus Abbildung 3 nicht nachzuweisen, da die gemessenen CRT-Werte unabhängig von diesen beiden Kennzeichen über den gesamten Bereich streuen.

Nebenbefunde:

Es fiel auf, daß - soweit bekannt - die einzigen Blutsverwandten des Untersuchungsgutes, Mutter und Tochter, nahezu gleiche CRT-Mittelwerte am Wurzelzement, nämlich 91,4 und 92,0 aufwiesen.

Weiterhin ergab sich bei Untersuchungen der Wurzel-CRT-Werte, daß diese auf dem oberhalb des Zahnfleischansatzes gelegenen Zement höher waren als unterhalb desselben, doch variierten die Messergebnisse hier stärker.

Lauf. Nr.	Zahn	Schmelz-CRT-Werte	N_s	$\bar{x}$	s	$s_{\bar{x}}$	v	Wurzel-CRT	N_w
1	-8	100 103 105 108 117 110 107 100	8	107,4	6,79	2,26	6,32	92	5
2	5-	121 134 125 122	4	125,5	5,91	2,95	4,70	114	4
3	-5	135 129 128	3	130,6	3,95	2,28	3,02	123	4
4	M	117 115 120 126 123	5	120,2	4,44	1,98	3,69	102	3
5	M	133 117 125 121 122 123 126	7	123,8	5,32	2,17	4,29	110	2
6	M	227 230 225	3	227,3	4,67	2,18	2,09	90	2
7	M	90 85 85	3	86,6	4,12	2,38	4,76	-	
8	+3	191 210 220 215 205	5	208,2	11,1	4,97	5,33	-	
9	+3	225 210 230 220	4	221,2	9,34	4,68	4,20	102	5
10	-8	147 154 142 165 139 160 157	7	152,0	9,65	3,64	6,33	86	4
11	5-	105 105 115	3	108,3	6,22	3,59	5,75	68	4
12	3+	140 136 157	3	144,3	11,4	6,60	7,95	99	4
13	8-	120 132 122 133	4	127,5	7,72	3,86	6,05	99	3
14	-8	161 170 144 140 154 145 145	7	151,2	10,9	4,13	7,20	72	4
15	M	135 140 135	3	136,6	3,12	1,80	2,34	-	
16	-5	132 122 136 137 135	5	132,4	6,11	2,72	4,61	73	3
17	5-	110 109 105	3	108,0	2,64	1,53	2,44	86	4
18	5-	177 179 182 183	4	180,2	2,75	1,37	1,51	91	3
19	+8	140 130 145 136 140 142 132 130 132	9	136,3	6,05	2,01	4,44	92	4
20	8+	150 146 135 129 140	5	140,0	8,40	3,75	6,00	96	3
21	-8	130 141 145 127 142	5	137,0	7,96	3,50	5,80	100	2
22	8-	135 134 127 137 147 138 144	7	136,8	6,18	2,33	4,52	95	3

Tab. 2: CRT-Werte an retinierten Zähnen

Erläuterungen:

M	=	Mesiodens
$\bar{x}$	=	Mittelwert der Schmelz-CRT-Werte
s	=	Mittlerer Fehler der Einzelmessung
$s_{\bar{x}}$	=	Standardabweichung
v	=	Variabilitätskoeffizient
N_s	=	Anzahl der Schmelz-CRT-Werte
N_w	=	Anzahl der Wurzel-CRT-Werte

B. CRT-WERTE GEMESSEN AN INTAKTEN SCHMELZOBERFLÄCHEN VOLLSTÄNDIG RETINIERTER ZÄHNE

In der oben beschriebenen Weise wurden auf Schmelzoberflächen, die sich durch deutliche Perikymatien als unverletzt erwiesen, zirkulär um den Zahn möglichst viele CRT-Werte gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefaßt. Für die Messungen am Schmelz wurden dabei Einzel- und Mittelwerte, sowie Fehlerbreite der Einzelmessungen, Standardabweichung und Variabilitätskoeffizient angegeben. Als Wurzel-CRT wurden jeweils nur Durchschnittswerte verzeichnet.

Aus Tabelle 2 ergibt sich, daß die CRT-Werte an den Oberflächen vollständig retinierter Zähne in bemerkenswert kleinen Bereichen streuen, ähnlich denen an Wurzeloberflächen.

Die Zähne 19 - 22 stammen von einem Patienten. Sie waren vollständig retiniert und wurden wegen Verdacht auf Herderkrankung entfernt. Es fällt auf, daß sämtliche Einzelmessungen zwischen 130 und 150 sec., also in einem relativ engen Bereich, streuen, und daß die Mittelwerte der 4 Zähne bemerkenswert ähnlich sind. Die Einzel- und Mittelwerte der übrigen Zähne, die jeweils von verschiedenen Patienten stammen, weisen demgegenüber von Person zu Person erhebliche Unterschiede auf.

C. VERGLEICH ZWISCHEN MITTLEREN SCHMELZ-CRT- UND WURZEL-CRT-WERTEN RETINIERTER ZÄHNE

Die Ergebnisse wurden in Tabelle 3 zusammengefaßt.

Schmelz CRT	Wurzel CRT	Schmelz CRT	Wurzel CRT	Schmelz CRT	Wurzel CRT
107	92	131	123	144	99
108	86	132	73	151	72
120	102	136	92	152	68
124	110	137	95	180	91
125	114	137	100	221	102
127	99	140	96	227	90

Tab. 3: Mittlere Schmelz-CRT und Wurzel-CRT retinierter Zähne (vgl. Tab. 2)

Die Aufstellung in Tabelle 3 erfolgte nach steigenden Schmelz-CRT-Werten. Ein dazu paralleles Ansteigen oder Abfallen der Wurzel-CRT ist nicht zu

beobachten. Diese streuen vielmehr regellos. Die Mittelwerte aus den Wurzel-CRT-Werten der 1. und 2. Hälfte der Tabelle 3 betragen 99,2 und 90,6.

Es besteht also kein erkennbarere Zusammenhang zwischen Wurzel-CRT und Schmelz-CRT retinierter Zähne.

D. NEBENBEFUNDE

An einigen in die Mundhöhle durchgebrochenen Zähnen wurden die Schmelz-CRT-Werte an Abrasionsfacetten und normaler Schmelzoberfläche gemessen. Die Werte an den Abrasionsfacetten lagen stets deutlich unter denen der Umgebung. Die betreffenden Zähne wurden daraufhin mittels Sandstrahlgebläse abgestrahlt. Dabei wurden sie jeweils so lange behandelt, bis an den früheren CRT-Meßpunkten keine Farbstoffimbibitionen mehr zu erkennen waren, um den von CONRAD (1961) gefundenen Effekt einer CRT-Verkürzung bei wiederholten Versuchen an einer Stelle auszuschließen. Die Schmelz-CRT wurde danach überall beträchtlich verkürzt, sie wurde jedoch nicht gleich. Am geringsten war die Verkürzung der CRT-Werte an den Abrasionsfacetten. Teilweise lag sie nur wenig unter den ursprünglich gemessenen Werten. Auch retinierte Zähne wurden so mit Sandstrahlgebläse abgestrahlt und die CRT dabei deutlich verkürzt.

V. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Es soll zunächst auf die Versuche zur Bestimmung des methodischen Fehlers eingegangen werden. Die auf dem Zementplättchen als homogenem, Ca-haltigem Prüfkörper erzielten Ergebnisse bestätigen die schon von CONRAD (1961) auf Grund der CRT-Werte an Wurzeln gemachte Aussage, daß der CRT-Test unter Berücksichtigung einer gewissen Fehlerbreite durchaus verwertbare Ergebnisse liefern kann. So bestehen die an der Schmelzoberfläche durchgebrochener Zähne gefundenen unterschiedlichen CRT-Werte auf tatsächlich unterschiedlicher Ca-Löslichkeit und sind nicht nur Auswirkungen des CRT-Testes an sich.

Die Fehlerbreite des CRT-Testes beträgt demnach für den Einzelwert, bei günstigsten Bedingungen, was das Testobjekt anbelangt, 3,2 bis 4,3 % bezogen auf den Mittelwert. Für diese Abweichungen dürften hauptsächlich verantwortlich sein:

1. Ungleiche Säuremenge durch Schwierigkeiten der Dosierung, sowie Verluste an der Spritzenkanüle und Pinzette.
2. Abheben des Plättchens durch feinste Gasblasen (CO_2) beim Lösungsvorgang.
3. Schwierigkeiten bei der Festlegung des Umschlagpunktes.

Diese Fehlerbreite wird am Zahnschmelz meist noch vergrößert durch gewölbte Flächen, feinste Risse, die Säure absaugen, unvollständig entfernte Konkremente und durch wechselndes Oberflächenrelief (z.B. durch mehr oder weniger ausgeprägte Perikymatien) mit entsprechend unterschiedlich großer Angriffsfläche für die Säure. Am Zement kann die Fehlerbreite gesteigert werden durch unvollständige Entfernung der Wurzelhautfasern oder mechanische Schädigung des dünnen Zementmantels beim Säubern, starke Rauhigkeitsunterschiede, unterschiedliche Farbtöne, wobei besonders auf bräunlicher Wurzel der Farbumschlag schwer zu erkennen ist, und mögliche Messungen oberhalb des Zahnfleischansatzes. Aus diesen Gründen muß, je nach deren stärkerem oder schwächerem Einfluß, bei praktischen Versuchen auf Kronen- oder Wurzeloberflächen mit Fehlerbreiten der Einzelmessung von 4 - 8 % des Mittelwertes gerechnet werden. Die Standardabweichung betrug bei den Zementplättchenversuchen ungefähr 1 % des Mittelwertes. Bei praktischen Versuchen dürfte sie 1 - 4 % betragen. MARTHALER und ATLIO (1960) geben die Standardabweichung mit 10 % des Mittelwertes an. Sie errechneten dies aus in vivo Versuchsreihen, indem sie die auf beiden oberen seitlichen Schneidezähnen gefundenen Werte miteinander verglichen. Dabei wurde jedoch von der Voraussetzung ausgegangen, daß die CRT-Werte auf der Schmelzoberfläche entsprechender Zähne bei einem Patienten gleich seien, was nach

CONRAD (1961) nicht der Fall sein muß. Die Angabe von 10 % für den reinen Methodenfehler ist wahrscheinlich zu hoch.

Bei den Untersuchungen an Wurzeloberflächen durchgebrochener, extrahierter Zähne konnten die Ergebnisse von CONRAD (1961), daß die CRT-Werte an den Wurzeloberflächen eines Zahnes und auf verschiedenen Zähnen eines Patienten unter Berücksichtigung der methodischen Fehlerbreite des CRT-Testes als gleich anzusehen sind, bestätigt werden.

Zwischen dem CRT-Wert der Wurzeloberflächen und der Kariesanfälligkeit eines Patienten konnte in der vorliegenden Arbeit kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Die Werte streuen in den Kariesanfälligkeitsgruppen 2 - 4 nahezu über den gesamten zur Verfügung stehenden Bereich. Gruppe 1 wird wegen der zu geringen Zahl der Einzelwerte nicht berücksichtigt. Auch die Mittelwerte der jeweiligen Kariesanfälligkeitsgruppen zeigen keinerlei steigende oder fallende Tendenz und unterscheiden sich nur wenig. Es darf angenommen werden, daß die Unterschiede rein zufällig sind, und daß die Mittelwerte mit zunehmender Zahl der Einzelwerte in jeder Gruppe einem gemeinsamen Mittelwert aller Gruppen zustreben. Die Verteilung der einzelnen Wurzel-CRT-Werte auf die jeweiligen Kariesanfälligkeitsgruppen ist also rein zufällig. Die aus der graphischen Darstellung gewonnene Feststellung, daß aus den vorliegenden Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen Kariesanfälligkeit eines Patienten und Wurzel-CRT ersichtlich ist, wird damit bestätigt.

Um die Gültigkeit des gefundenen Ergebnisses zu untersuchen, muß die Beweiskraft des angewandten Kariesanfälligkeitstestes untersucht werden. Die Aussagefähigkeit des CRT-Testes wurde bereits diskutiert und unter Berücksichtigung eines bestimmten methodischen Fehlers als positiv befunden. Der angewandte Kariesanfälligkeitstest basiert auf der klinischen Erfahrung, daß die Anfälligkeit der einzelnen Zahngruppen gegenüber Karies unterschiedlich ist. So werden Molaren häufiger kariös als Frontzähne. Von letzteren wiederum werden die unteren Zähne nur selten und nur bei sehr kariesanfälligen Personen befallen. Es ergab sich daraus eine Klassifizierung in die oben beschriebenen 5 Stufen der Kariesanfälligkeit. Da jedoch Gruppe 0 (keine Karies an sämtlichen Zähnen) nie und Gruppe 1 (okklusale Karies bzw. Füllungen an Molaren und Prämolaren) nur so selten vorkam, daß sie für statistische Untersuchungen kein beweiskräftiges Material liefern konnte, bedeutete dies eine Einteilung der untersuchten Patienten in die 3 Gruppen 2 - 4. Häufig ergab sich dabei, daß Patienten, die auf Grund des Gesamtzustandes ihres Gebisses als wenig kariesanfällig betrachtet werden mußten, wegen einer kleinen Füllung der oberen Frontzähne in Gruppe 3 eingestuft werden mußten, während jugendliche Patienten oft noch in Stufe 3 einzuordnen waren, weil ihre unteren Frontzähne kariesfrei waren, obwohl der Behandlungsverlauf zeigte, daß die betreffenden unter sehr starker Kariesan-

fälligkeit litten.

Um die im Laufe des Lebens im allgemeinen abnehmende Kariesanfälligkeit zu berücksichtigen, wurde eine Unterteilung der Patienten in 3 Altersgruppen vorgenommen: bis 25 Jahre, bis 50 Jahre und über 50 Jahre. Im Falle eines Zusammenhanges zwischen Kariesanfälligkeit und Wurzel-CRT wurde erwartet, daß eine bestimmte Verteilungstendenz nach Altersstufen erkennbar würde, dergestalt daß Jugendliche, die ja häufig unter stärkerer Kariesanfälligkeit leiden, bei höheren oder niedrigeren CRT-Werten gehäuft vorkämen, wohingegen ältere Patienten mit im allgemeinen geringerer Kariesanfälligkeit mehr gegenteilige Positionen einnähmen. Eine solche Verteilungstendenz war jedoch nicht zu erkennen.

Bei der Beurteilung der negativen Ergebnisse des Vergleiches zwischen Wurzel-CRT und Kariesanfälligkeit muß berücksichtigt werden, daß es sich bei dem um seiner Einfachheit willen gewählten Kariesanfälligkeitstest um eine Beurteilung der Kariesanfälligkeit nach einem morphologischen Gebißbefund handelt, von dem die tatsächliche derzeitige Kariesanfälligkeit durchaus verschieden sein kann. Möglicherweise gilt auch hier, was KRÖNCKE (1962) über den DMF-Index, ebenfalls eine zahlenmäßige Angabe über die Karieshäufigkeit auf Grund des morphologischen Gebißbefundes, schreibt: "Dies bestätigt experimentell unsere schon früher geäußerte Ansicht, daß der DMF-Index als Ausdruck des morphologischen Gebißbefundes nicht identisch mit dem Zustande der Kariesanfälligkeit oder Kariesresistenz sein muß, weil auch nach praktischen Erfahrungen bei einem Menschen Zeiten der Kariesanfälligkeit mit solchen der Kariesresistenz wechseln können." Um definitive Aussagen über Zusammenhänge zwischen Kariesanfälligkeit und Wurzel-CRT zu machen, wären daher Untersuchungen erforderlich, bei denen die Kariesanfälligkeit mit biologischen Kariesanfälligkeitstesten (wie z.B. Speichelatmung oder Pufferkapazität des menschlichen Nüchternspeichels) bestimmt wird. Die Bedeutung derartiger Untersuchungen könnte unter anderem auch darin liegen, daß es gelänge einen Beitrag zur Frage einer mehr lokal-exogenen oder mehr endogenen und durch den Zustand des Gesamtorganismus, als dessen Ausdruck auch die Wurzel-CRT angesehen wird, bedingten Kariesentstehung zu liefern.

Bevor jedoch solche Versuche angestellt werden, sollte zunächst geklärt werden, ob die Wurzel-CRT tatsächlich Schwankungen unterliegt, die in Zusammenhang mit dem Allgemeinzustand des Organismus stehen.

Um Zusammenhänge zwischen der Wurzel-CRT und dem Zustand der Parodontien festzustellen, wurde ebenfalls eine sehr grobe Einteilung gewählt: Gruppe 1 = parodontal oB., Gruppe 2 = Parodontopathien an einer Zahngruppe, Gruppe 3 = ausgedehnte Parodontopathien an mehreren Zahngruppen. Um Zusammenhänge zwischen parodontaler Resistenz bzw. Insuffizienz und Wurzel-CRT zu untersuchen, ist hauptsächlich die Gruppe 3 zu ver-

werten. Hier bestehen ausgedehnte Parodontopathien an mehreren Zahngruppen, was nach klinischen Erfahrungen in den meisten Fällen auf eine Insuffizienz des Zahnhalteapparates hindeutet. Das Leiden ist also als endogen prädisponiert aufzufassen, exogene Ursachen sind in den meisten Fällen das wesentliche auslösende Moment. Andererseits kann auch die Wurzel-CRT als endogen beeinflußt angesehen werden. Exogene Einflüsse dürften auf sie keinen Einfluß haben, da sie an allen Zähnen eines Patienten gleich ist, obwohl jeder Zahn diesen Einflüssen in verschiedenem Maße ausgesetzt ist. Zusammenhänge zwischen Wurzel-CRT und Insuffizienz des Parodontiums müßten demnach vorwiegend in Gruppe 3 nachzuweisen sein. Die Fälle der Gruppe 2 sind in Bezug auf den Zustand des Parodontiums unklar, da z.B. eine Gingivitis eines Jugendlichen bereits eine hochgradige Insuffizienz andeuten kann, während eine leichte progressive marginale Parodontitis der unteren Front bei einem Erwachsenen vorwiegend durch exogene Faktoren bedingt sein kann und durchaus keine Insuffizienz bedeuten muß. Gruppe 1 ist wegen der vielen jugendlichen Patienten, deren Beurteilung in Bezug auf Resistenz bzw. Insuffizienz nur schwer möglich ist, ebenfalls nicht verwertbar. Da sich in Gruppe 3 jedoch keinerlei Häufung bei hohen oder niederen CRT-Werten findet, diese vielmehr über den gesamten zur Verfügung stehenden Bereich streuen, ist aus den vorliegenden Untersuchungen kein Zusammenhang zwischen Wurzel-CRT und der Reaktionslage des Parodontiums festzustellen. Die Mittelwerte, die in jeder Gruppe nahezu gleich sind, bestätigen, daß die Verteilung der einzelnen CRT-Werte auf die 3 Gruppen offenbar zufällig ist.

Bei der Beurteilung des Ergebnisses muß jedoch berücksichtigt werden, daß das verwertbare Untersuchungsmaterial der Gruppe 3, nach Ausscheidung aller in Bezug auf die Resistenzlage des Parodontiums unklaren Fälle in die Gruppe 2, begrenzt war, und insbesondere Zähne von älteren Patienten der Gruppe 1, die als Gegenstück zu denen der Gruppe 3 allein verwertbar wären, kaum zur Verfügung standen. Wenn somit auch in der vorliegenden Arbeit kein Hinweis auf Zusammenhänge zwischen Wurzel-CRT und Zustand des Parodontiums eines Patienten gefunden werden konnte, so wäre eine Nachprüfung in erweitertem Rahmen um der eingangs erwähnten möglichen praktischen Bedeutung willen wünschenswert.

Voraussetzung für den Erfolg solcher Versuche ist allerdings, daß die Wurzel-CRT tatsächlich stoffwechselbedingten Veränderungen unterliegt.

Aus Abbildung 3 läßt sich schließen, daß die Wurzel-CRT-Werte, falls sie sich im Laufe des Lebens ändern sollten, diese Änderung jedenfalls nicht parallel mit zunehmendem Alter erfahren. Wohl könnte jeder jugendliche Patient seine Wurzel-CRT sozusagen bei individueller Höhe beginnen und dann mit unterschiedlicher Zuwachsrate steigern bzw. senken, doch müßten sich dann in den Extremen des Streubereiches der Wurzel-CRT-Werte zwischen

70 und 90 sec. bzw. zwischen 115 und 135 sec. vorwiegend jugendliche oder vorwiegend ältere Patienten finden. Da dies nicht der Fall ist, ist ein Zusammenhang zwischen Alter und Wurzel-CRT unwahrscheinlich. Dies ist insofern bemerkenswert, als ein solcher Zusammenhang auf Grund der kontinuierlichen Zementapposition im Laufe des Lebens (ZANDER und HURZELER 1958) leicht denkbar wäre. Die Frage, ob Zusammenhänge zwischen der augenblicklichen Stoffwechsellage des Gesamtorganismus und der Wurzel-CRT bestehen, die Wurzel-CRT also während des Lebens keine konstante Größe darstellt, bleibt von dieser Feststellung unberührt. Ein solcher Zusammenhang ist durchaus denkbar, da das Zement ständig, wie jedes andere Gewebe des Körpers auch, am Stoffwechsel teilnimmt. Für die Suche nach Zusammenhängen zwischen parodontaler Resistenz bzw. Insuffizienz oder Kariesanfälligkeit und den Wurzel-CRT-Werten ist die Änderung der letzteren im Verlauf des Lebens - wie bereits erwähnt - Voraussetzung. Es wäre daher unter Umständen wünschenswert diese Veränderungen der Wurzel-CRT im Laufe des Lebens tatsächlich nachzuweisen. In diesem Zusammenhang wird auf die Einzelbeobachtung aus dem Untersuchungsgut verwiesen, daß Mutter und Tochter nahezu gleiche CRT-Mittelwerte aufwiesen. Eine erblich festgelegte Höhe des CRT-Wertes muß zumindest in Erwägung gezogen werden. Die starken morphologischen Veränderungen des Zementes im Laufe des Lebens, die schon in der meist glatten Zementoberfläche jugendlicher und der oft sehr rauhen und höckerigen Oberfläche älterer Patienten zum Ausdruck kommen, lassen jedoch während des ganzen Lebens gleich bleibende Wurzel-CRT-Werte unwahrscheinlich erscheinen. Die Tatsache, daß die Wurzel-CRT-Werte an allen Zähnen eines Patienten gleich sind, könnten gleichwohl für eine erbliche, also während des ganzen Lebens gleich bleibende, wie für eine von der augenblicklichen Stoffwechsellage abhängige, also wechselnde Wurzel-CRT sprechen. Eine Klärung dieser Frage wäre erwünscht, wird jedoch auf große materialbedingte Schwierigkeiten stoßen.

Zusammenhänge zwischen dem Geschlecht der Patienten und der Wurzel-CRT konnten ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Solche Zusammenhänge sind auch unwahrscheinlich, wurden jedoch im Interesse einer Untersuchung über die Bedeutung der Wurzel-CRT mit bearbeitet.

Die CRT-Untersuchungen am Schmelz vollständig retinierter Zähne wurden an 22 Exemplaren vorgenommen. Dabei fand sich daß die CRT-Werte auf den Schmelzoberflächen in bemerkenswert kleinen Bereichen streuen.

Die Zahl der Einzelmessungen war, bedingt durch das Testobjekt, beschränkt. Der mittlere Fehler der Einzelmessungen, bezogen auf den Mittelwert (Variabilitätskoeffizient v) lag für die einzelnen Meßreihen zwischen 1,5 und 7,2%. Auf Grund der Zementplättchenversuche, wo v unter optimalen Be-

dingungen 3,2 - 4,3 % betrug, ist diese Fehlerbreite, gemessen unter den ungünstigeren Bedingungen der Zahnoberfläche, als methodisch durch den CRT-Test, bedingt anzusehen. Somit kann geschlossen werden, daß die Schmelzlöslichkeit auf der gesamten Oberfläche vollständig retinierter Zähne gleich ist. Daraus folgt, daß die von CONRAD (1961) gefundenen unterschiedlichen CRT-Werte und damit die unterschiedliche Schmelzlöslichkeit bei in die Mundhöhle durchgebrochenen Zähnen erst nach dem Durchbruch auftreten, also wahrscheinlich durch Remineralisation oder Karies bedingt sind.

Eine wesentlich geringere Schmelzlöslichkeit als die von CONRAD (1961) an durchgebrochenen Zähnen ermittelte, konnte dabei im Gegensatz zu DOBBS (1932) nicht gefunden werden. CONRAD gibt an, daß die größte Zahl der Messungen an durchgebrochenen Zähnen zwischen 2 und 3 min. lag. In diesem Bereich liegen auch die meisten an retinierten Zähnen gemessenen Werte. In 4 von 22 Fällen lagen die Werte über 3 min., wobei der Maximalwert 3 min. 47 sec. (227 sec.) betrug. In 4 Fällen fanden sich Mittelwerte unter 2 min., wobei der kleinste Wert 1 min. 26 sec. (86 sec.) betrug. Der Durchschnittswert aller Schmelz-CRT-Mittelwerte von retinierten Zähnen betrug 2 min. 24 sec. (144 sec.). Bei einem Vergleich der vorliegenden Meßergebnisse mit denen von CONRAD muß berücksichtigt werden, daß der Umschlagspunkt vermutlich von jedem Untersucher etwas verschieden festgelegt wird, daß ein unmittelbares zahlenmäßiges Vergleichen also nicht möglich ist. Doch läßt sich sagen, daß die auf der Schmelzoberfläche durchgebrochener und retinierter Zähne gemessenen CRT-Werte in ungefähr gleichen Größenordnungen liegen. Auch die im Rahmen der eigenen Vorversuche auf durchgebrochenen Zähnen gemessenen Schmelz-CRT-Werte lagen zwischen 2 und 3 Minuten, stimmten also größenordnungsmäßig mit denen von CONRAD überein.

Vielleicht läßt sich die von DOBBS (1932) gefundene unterschiedliche Schmelzlöslichkeit an durchgebrochenen und retinierten Zähnen mit einer von SCHÜLE (1962) gefundenen Tatsache erklären. DOBBS reinigte seine Zähne jeweils mit Bimssteinpulver. Nach SCHÜLE wird nun das Schmelzoberhäutchen retinierter Zähne durch Bimssteinpulver abgerieben, nicht aber das härtere Schmelzoberhäutchen durchgebrochener Zähne. Möglicherweise liegt darin die von DOBBS gefundene Differenz zwischen der Löslichkeit durchgebrochener und retinierter Zähne begründet.

Sind auch die CRT-Werte auf der Schmelzoberfläche eines retinierten Zahnes gleich, so weisen sie doch von Person zu Person erhebliche Schwankungen auf. Der Gesamtstreubereich der Mittelwerte retinierter Zähne beträgt 141 sec. Demgegenüber ist es bemerkenswert, daß die vier von einem Patienten stammenden Zähne 19 - 22 alle sehr ähnliche CRT-Werte aufweisen. Die Einzelwerte bewegen sich zwischen 130 und 150 sec., die Mittelwerte streuen zwischen 136,3 und 140,0 sec. Unter Berücksichtigung der Standardabweichung

kann geschlossen werden, daß die 4 Mittelwerte um einen gemeinsamen Mittelwert von ungefähr 138 sec. streuen. Es läßt sich daraus die Vermutung ableiten, daß zumindest alle gleichzeitig verkalkten Zähne eines Patienten vor ihrem Durchbruch in die Mundhöhle gleiche CRT-Werte, d.h. gleiche Schmelzlöslichkeit aufweisen. Die Vermutung müßte noch durch größeres Beweismaterial bestätigt werden. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, ob eventuell alle Zähne eines Patienten vor ihrem Durchbruch gleiche CRT-Werte aufweisen, ähnlich dem Zustand auf den Wurzeloberflächen.

Zwischen Schmelz-CRT und Wurzel-CRT retinierter Zähne konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, daß das Zement durch seine dauernden Veränderungen in Zusammenhang mit dem Stoffwechsel, und damit auch die Wurzel-CRT, ein Bild der Stoffwechsellage zum Zeitpunkt der Extraktion darstellen, während der Schmelz, einmal fertig ausgebildet, vermutlich unveränderlich seinen Zustand behält. Die Schmelz-CRT retinierter Zähne ist danach bestenfalls bedingt durch die Stoffwechsellage bei Abschluß der Schmelzbildung. Die Deutung geht jedoch, ebenso wie vorangehende, von der Annahme aus, daß die Wurzel-CRT von der augenblicklichen Stoffwechsellage abhängig ist und sich mit ihr verändert.

Im Folgenden soll der Versuch einer Deutung des Geschehens beim CRT-Test gemacht werden, wie sie sich aus Beobachtungen während der Arbeiten mit diesem Test ergab:

Es fiel auf, daß die CRT-Werte auf dem Zementplättchen relativ kurz waren und besondere Farbintensität aufwiesen. Bei Versuchen an Wurzeloberflächen fand sich in einigen Fällen bei langen CRT-Werten mit sehr geringer Farbintensität teilweise noch abschabbares feinstes Faserwerk der Wurzelhaut. In solchen Fällen waren dann die verschiedenen Farbtöne des CRT-Testes auffallend matt, und der Farbumschlag erfolgte sehr langsam, indem die neuen Farben von einzelnen "Kristallisationspunkten" aus sich ganz allmählich über die gesamte Fläche der Testplättchen ausbreiteten. Ganz ähnliche Beobachtungen wurden auch auf dem Schmelz retinierter und durchgebrochener Zähne bei langen CRT-Werten gemacht. Nach nochmaligem Abschaben und gründlichem Reinigen der Wurzeloberflächen wurde dann der CRT-Test kürzer und beträchtlich farbintensiver. Daraus wurde geschlossen, daß möglicherweise organische Auflagerungen wesentlich die Länge des CRT-Testes bestimmen. Solche organischen Auflagerungen finden sich z.B. auf den Zahnkronen als Schmelzoberhäutchen. Auf retinierten Zähnen wird nach Abschluß der Schmelzbildung das primäre Schmelzoberhäutchen oder Adamantinoblastencuticula (SCHÜLE 1962) gebildet. Da die Adamantinoblastencuticula nach ihrer Bildung, solange der Zahn retiniert bleibt, keinen exogenen Reizen ausgesetzt ist, bleibt sie überall in gleicher Dicke und Beschaffenheit auf dem Zahn erhalten. Ist der Zahn dagegen durch-

gebrochen, so erhält er die sogenannte Epithelcuticula und das exogene Schmelzoberhäutchen (SCHÜLE 1962). In der Mundhöhle unterliegen die verschiedenen Formen des Schmelzoberhäutchens dem mehr oder weniger starken Abrieb durch exogene Einflüsse, je nach ihrer Exposition denselben gegenüber. Das exogene Schmelzoberhäutchen kann jedoch bei Verlust mit einer beschränkten Wachstumsrate laufend regeneriert werden. An Stellen mit starker Exposition gegenüber mechanischen Einflüssen ist das Schmelzoberhäutchen daher nur sehr dünn, an anderen dagegen relativ dick (SCHÜLE 1962). Ist die Länge der CRT-Werte am Schmelz nun tatsächlich durch organische Auflagerungen nach Art des Schmelzoberhäutchens wesentlich bestimmt, so würde sich damit zwanglos das unterschiedliche Verhalten des CRT-Testes auf durchgebrochenen und retinierten Zähnen erklären. Die überall gleich beschaffene Adamantinoblastencuticula ergibt gleiche CRT-Werte am retinierten Zahn. Das unterschiedlich dicke Schmelzoberhäutchen am durchgebrochenen Zahn ergibt unterschiedliche CRT-Werte. Im Approximalraum z.B., wo das Schmelzoberhäutchen, außer am Kontaktpunkt, vor mechanischen Läsionen relativ geschützt ist, müßten sich höhere CRT-Werte ergeben. Dies ist nach WALTER (1958) und nach eigenen Beobachtungen der Fall. Auf Abrasionsfacetten, wo nach SCHÜLE (1962) das Schmelzoberhäutchen dünn ist bzw. oft ganz fehlen kann, müßte die CRT relativ kurz und farbintensiv sein. Dies erwies sich bei einem zahlenmäßig begrenzten Untersuchungsgut auch hier als zutreffend. Auch DOBBS (1932) fand bei seinen Versuchen hier eine größere Schmelzlöslichkeit. Gelänge es auf mechanischem Wege das Schmelzoberhäutchen zu entfernen, ohne die Zusammensetzung des Schmelzes oder seine Löslichkeit dabei zu ändern, so müßten die CRT-Werte, falls das Schmelzoberhäutchen wesentlich ihre Länge bestimmt, nunmehr deutlich absinken und zwar am wenigsten dort, wo es primär nur dünn oder nicht vorhanden war. Zu diesem Zweck wurden durchgebrochene und retinierte Zähne mit einem Sandstrahlgebläse behandelt. Der erwartete Effekt mit teils beträchtlicher CRT-Verkürzung und Zunahme der Farbintensität konnte in beiden Fällen beobachtet werden. An den Abrasionsfacetten war dabei der CRT-Wertabfall am geringsten.

Wohl war durch das Sandstrahlgebläse die Rauhigkeit der Schmelzoberfläche beträchtlich gesteigert worden, doch reicht diese Oberflächenvergrößerung nach Beobachtungen auf den Wurzeloberflächen nicht aus, um CRT-Verkürzungen von 30 - 60 sec. hervorzubringen. DOBBS (1932) sowie MÜHLEMANN, SCHAIT und SOMOGYI (1957) fanden ebenfalls mit den klassischen Methoden der Schmelzlsölichkeitsbestimmung an abgeschliffenen und polierten Stellen größere Schmelzlöslichkeit.

Man kann daher vermuten, daß organische Auflagerungen nach Art des Schmelzoberhäutchens wesentlich die Länge des CRT-Testes bestimmen.

Zweifellos sind daneben der Gehalt des Schmelzes an Ca-Phosphat

und dessen Kristallisationsform z.B. als Apatit oder Kalzit von wesentlicher Bedeutung für die Länge des CRT-Testes, worauf von CONRAD (1961) hingewiesen wurde. Die im Gegensatz zu retinierten Zähnen wechselnde Schmelzlöslichkeit auf der Oberfläche durchgebrochener Zähne wäre demnach durch die unterschiedliche Dicke des Schmelzoberhäutchens und wechselnde Menge und Kristallisationsform des Ca-Phosphates in demselben und in den oberflächlichen Schichten des Schmelzes zu erklären. Ein Abrieb des Schmelzoberhäutchens bzw. Umkristallisation und Entzug der Ca-Salze würden demnach die Schmelzlöslichkeit erhöhen, Verdickung des Schmelzoberhäutchens und Einlagerung von Mineralsalzen durch Remineralisation würden sie senken. Dabei ist es denkbar, daß die Schmelzlöslichkeit durch die beiden Vorgänge auch noch unter den ursprünglichen Wert, wie er beim durchbrechenden Zahn besteht, gesenkt werden kann, die CRT also über ihre ursprünglichen Werte verlängert wird. Die Dicke des Schmelzoberhäutchens und Menge und Zustand der Mineralien brauchen dabei nicht notwendig konforme Wirkung auf die CRT-Werte haben. Denkbar wäre auch eine gegensinnige Beeinflussung, so daß bei niedrigem Mineralgehalt und dickem Schmelzoberhäutchen "normale" CRT-Werte auftreten können. Möglicherweise können solche Vorgänge zur Deutung des Verhaltens des CRT-Testes auf kariösen Läsionen beitragen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem CRT-Test. Untersucht wurden dabei die Schmelzoberflächen von 22 und die Wurzeloberflächen von 19 retinierten Zähnen. Außerdem wurden Untersuchungen mit dem CRT-Test auf Wurzeloberflächen von insgesamt 76 durchgebrochenen, extrahierten Zähnen von 54 Patienten vorgenommen.

Dabei ergab sich:

1.) Zwischen der Höhe der Wurzel-CRT durchgebrochener Zähne und Kariesanfälligkeit, Resistenz oder Insuffizienz des Parodontiums, Alter oder Geschlecht eines Patienten konnte kein Zusammenhang gefunden werden.

2.) Im Gegensatz zur wechselnden Oberflächenlöslichkeit auf der Schmelzoberfläche durchgebrochener Zähne fand sich bei retinierten Zähnen an der Kronenoberfläche einheitliche Löslichkeit.
Anscheinend ist die Schmelzlöslichkeit vor dem Durchbruch in die Mundhöhle bei gleichzeitig mineralisierten Zähnen eines Patienten gleich groß.

3.) Ein Zusammenhang zwischen Schmelz-CRT und Wurzel-CRT bei retinierten Zähnen besteht nicht.

4.) Der Methodenfehler des CRT-Testes unter optimalen Bedingungen wurde mit 3,2 - 4,3 % ermittelt.
Unter ungünstigeren Bedingungen auf der Zahnoberfläche dürfte er bis zu 8 % einzuschätzen sein.

5.) Es wurde diskutiert, ob die Höhe der CRT-Werte am Schmelz möglicherweise durch das Schmelzoberhäutchen mit bestimmt wird.

Zum Schluß der Arbeit erlaube ich mir,
Herrn Professor Dr. A. KRÖNCKE
für die Überlassung des Themas
und für seine Anleitungen zu dieser Arbeit
meinen herzlichen Dank auszusprechen.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

BENEDICT, H.C. and KANTHAK, F.F. (1932)
The Solubility of Dental Enamel in Various Buffered Solutions.
J. Dent. Res. 12, 277 (1932)

BOYD, T.M. (1950)
Window Technic for Enamel Solubility.
J. Dent. Res. 29, 675 (1950)

CONRAD, U. (1961)
Untersuchungen über den sogenannten CRT-Test (Mühlemann) und seine Aussagefähigkeit über die Oberfläche des Zahnschmelzes.
Med. Diss., Tübingen 1961

DOBBS, E. C. (1932)
Surface Resistance of Human Enamel to Acid Decalcification.
J. Dent. Res. 12, 581 (1932)

FOSDICK, HANSEN, EPPLE (1937)
Enamel Decalcification by Mouth Organisms and Dental Caries: A Suggested Test for Caries Susceptibility.
J. Amer. Dent. Ass. 24, 1275 (1937)

GOTTLIEB, B. (1920)
Zur Äthiologie und Therapie der Alveolarpyorrhoe.
Zschr. Stomatol. 18, 59 (1920)

KIRSCH, M. (1954)
Zementstudien.
Stoma (Heidelberg) 7, 83 (1954)

KRÖNCKE, A. (1962)
Speichel und Zahnschmelz in ihren Beziehungen zur Kariesanfälligkeit.
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 17, 12 (1962)

MARTHALER, T.H. and ZILLIO, R. (1960)
Enamel Solubility Studies in Vivo: Method, Error and Effect of Topically Applied Fluorides.
Helv. Odont. Acta 4, 26 (1960)

MILLER, W.D. (1892)
Mikroorganismen der Mundhöhle.
2. Aufl. Verlag Georg Thieme, Leipzig, S. 196

MÜHLEMANN, H.R.
SCHAIT, A.
SOMOGYI, I.C. (1957)
Löslichkeitsverhältnisse der intakten Schmelzoberfläche nach Natrium- und Zinnfluoridbehandlung.
Dtsch. Zahn- Mund- Kieferhlk. 27, 352, (1957)

MÜHLEMANN, H.R.
SCHMID, H.
KÖNIG, K.G. (1957)
Enamel Solubility Reduction Studies with Inorganic and Organic Fluorides.
Helv. Odont. Acta 1, 23 (1957)

MÜHLEMANN, H.R.
WOHLGENSINGER, F. (1959)
In Vivo Reduction of Enamel Solubility in Children Using an Organic Fluoride Dentifrice.
Helv. Odont. Acta 3, 35 (1959)

PHILLIPS, R.W. and
MUHLER, I.C. (1947)
Solubility of Enamel as Affected by Fluorides of Varying pH.
J. Dent. Res. 26, 109 (1947)

SALPETER, M. (1953)
Periodic Precipitation of Calcium Salts in Various Organic Substances.
J. Dent. Res. 32, 362 (1953)

SCHÜLE, H. (1962)
Das Schmelzoberhäutchen.
Verlag Georg Thieme, Stuttgart

SCHWARZENBACH and
BIEDERMANN (1946)
Helv. Chem. Acta 29, 811 (1946)

TURNER, N.C. et
MEYER, J.Y. (1952)
Cahiers Odonto-Stomatolog. (Frz.) 2, 19 (1952)

VOLKER, J.F. (1940)
Studies on the Acid Solubility of Human Enamel.
J. Dent. Res. 19, 35 (1940)

WALTER, H.G. (1958)
A Simple Laboratory Method for Preliminary Screening of Organic Fluorides as to their Enamel Solubility Reducing Effect.
Helv. Odont. Acta 2, 41 (1958)

WEBER, E. (1956)
Grundriß der biologischen Statistik.
2. Aufl., Verlag G. Fischer, Jena

ZANDER, H.A. and
HURZELER, B. (1958)
Continuous Cementum Apposition.
J. Dent. Res. 37, 1035 (1958)

Lebenslauf

Am 26. 11. 1938 wurde ich als Sohn des Dentisten Arthur Born und seiner Ehefrau Klara, geb. Riehle, Dentistin, in Stuttgart geboren.

Im Herbst 1945 trat ich in die Grundschule in Stuttgart-S ein. Ab Herbst 1949 besuchte ich bis zur Mittleren Reife das Progymnasium in Stuttgart-Zuffenhausen. Anschließend besuchte ich bis zum Abitur im Frühjahr 1958 das Gymnasium für Jungen in Stuttgart-Feuerbach.

Im Sommer-Semester 1958 begann ich an der Universität Tübingen das Studium der Zahnheilkunde. Sämtliche vorklinischen Semester bis zum Physikum im Oktober 1960 verbrachte ich in Tübingen. Das klinische Studium absolvierte ich in Heidelberg und Tübingen. Nachdem ich im Frühjahr 1963 an der Universität Tübingen das zahnärztliche Staatsexamen abgelegt hatte, erhielt ich am 24. Juni 1963 die Approbation als Zahnarzt.